

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: B200327003

UDC _____

厦门大学

博 士 学 位 论 文

北冰洋、白令海、南海南部海域氟氯烃分
布特征及其水团示踪研究

Distribution of Chlorofluorocarbon and its tracer study of
water masses in the Arctic Ocean, Bering Sea and the
southern South China Sea

孙 娜

指导教师姓名: 李文权 教授

专 业 名 称: 海 洋 化 学

论文提交日期: 2006 年 11 月

论文答辩日期: 2006 年 11 月

学位授予日期: 2006 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2006 年 11 月

**Distribution of Chlorofluorocarbon and its
tracer study of water masses in the Arctic
Ocean, Bering Sea and the southern South
China Sea**

A Dissertation Presented

By

Na Sun

Supervisor: Professor **Wenquan Li**

Submitted to the Graduate School of Xiamen University
for the Degree of

DOCTOR OF PHILOSOPHY

Department of Oceanography, Xiamen University

November 2006

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘要.....	i
ABSTRACT.....	iii
第一章 绪 论.....	1
1 氟氯烃化合物.....	2
1.1 CFC-11 与 CFC-12.....	3
1.2 CFC-113.....	4
1.3 CCl ₄	4
1.4 CFC 的非保守行为.....	4
2 氟氯烃化学示踪技术在海洋中的应用.....	5
2.1 应用氟氯烃化学示踪物研究海洋中水团的运动及其相互交换、划分水 系结构.....	5
2.2 应用氟氯烃化学示踪物测定海洋中水团的年龄.....	6
2.3 应用氟氯烃示踪物对海气交换进行研究.....	9
3 CFC 在北冰洋的应用研究.....	9
4 国内 CFC 示踪技术的应用概况.....	11
5 选题意义和研究内容.....	11
5.1 选题意义.....	11
5.2 研究内容.....	11
第二章 方 法.....	13
1 海水中溶解 CFC 研究方法概况.....	13
2 样品预处理方法概述.....	14
3 样品的采集与保存.....	16
4 实验部分.....	16
4.1 仪器与试剂.....	16
4.2 分析方法.....	17
5 结果与讨论.....	21
5.1 样品的定性.....	21

5.2 定量方法	21
5.3 精密度、回收率与方法检测限	22
6 小结	24
第三章 加拿大海盆氟氯烃的分布及其水团示踪研究	25
1 海区概况	25
2 样品采集与分析	26
2.1 采样站位	26
2.2 采样方法	27
2.3 测定方法	27
2.4 海水温度、盐度的测定	27
3 结果与讨论	30
3.1 加拿大海盆表层海水中 CFC 浓度及其饱和度	30
3.2 加拿大海盆中 CFC 的垂直分布	32
3.3 加拿大海盆水团分布及其年龄	35
4 小结	36
第四章 楚科奇海及其邻近海域氟氯烃分布及其水团示踪研究	37
1 海区概况	37
2 样品采集与分析	39
2.1 采样站位	39
2.2 采样方法	39
2.3 测定方法	39
2.4 海水温度、盐度的测定	39
3 结果与讨论	44
3.1 楚科奇海表层水中 CFC 含量	44
3.2 白令海峡 CFC 含量	45
3.3 表层、20m 深 CFC 空间分布	47
3.4 R 断面分布	54
3.5 S 海区 CFC 含量及若干站位垂直分布	56
4 小结	60

第五章 楚科奇海台氟氯烃分布及其水团示踪研究	62
1 海区概况	62
2 样品采集与分析	63
2.1 采样站位	63
2.2 采样方法	63
2.3 测定方法	63
2.4 海水温度、盐度的测定	64
3 结果与讨论	67
3.1 楚科奇海台表层水 CFC 的含量	67
3.2 若干站位垂直分布——陆坡处大西洋水与太平洋水的混合机制	68
3.3 P2 断面分布——北极边界流的流动路径	74
4 小结	79
第六章 白令海氟氯烃分布及其水团示踪研究	80
1 海区概况	80
2 样品采集与分析	82
2.1 采样站位	82
2.2 采样方法	83
2.3 测定方法	83
2.4 海水温度、盐度的测定	83
3 结果与讨论	86
3.1 水平分布	86
3.2 断面分布	91
3.3 垂直分布	96
3.4 白令海水团分布及其表观年龄	99
3.5 底层水的通风机制	105
4 小结	106
第七章 南海南部氟氯烃分布及其水团示踪研究	108
1 海区概况	108

2 样品采集与分析	108
2.1 采样站位	108
2.2 采样方法	110
2.3 测定方法	110
2.4 海水温度、盐度的测定	110
3 结果与讨论	119
3.1 表层水中 CFC-11 含量	119
3.2 断面分布	129
3.3 垂直分布	131
3.4 南海水团及其表观年龄	134
4 小结	137
第八章 结 语	138
1 主要结论	138
2 本研究的创新点	139
3 存在的主要问题及工作展望	139
参考文献	141
附录 I	164
附录 II	165
在学期间发表和交流论文	168
致谢	169

图 目 录

图 1-1 海洋水团通风示意图·····	2
图 1-2 北半球大气中 CFC 浓度随时间变化趋势图·····	7
图 2-1 冷聚焦装置·····	14
图 2-2 Tekmar3100 吹扫-捕集浓缩仪在吹扫状态下的流路图·····	18
图 2-3 Tekmar3100 吹扫-捕集浓缩仪在解吸状态下的流路图·····	19
图 2-4 混合标准 CFC 色谱图·····	20
图 2-5 海水样品色谱图·····	20
图 3-1 加拿大海盆站位分布图·····	26
图 3-2 加拿大海盆 CFC-11 垂直分布图·····	33
图 3-3 加拿大海盆 CCl ₄ 垂直分布图·····	33
图 3-4 加拿大海盆(a)温度 (b)盐度 (c)CFC-11 (d)CCl ₄ 的断面分布图·····	34
图 4-1 楚科奇海地形图·····	37
图 4-2 2003 年第二次北极科考期间楚科奇海及其邻近海域站位分布图·····	40
图 4-3 白令海峡 BS06A、BS09A 站位温盐垂直分布·····	46
图 4-4 楚科奇海表层水各要素空间分布图·····	48
图 4-5 楚科奇海 20m 水各要素空间分布图·····	51
图 4-6 楚科奇海 R 断面各要素垂直分布·····	55
图 4-7 S33 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	56
图 4-8 S14 站位 CFC 及其它参数的垂直分布图·····	57
图 4-9 S16 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	58
图 4-10 S26 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	59
图 5-1 2003 年第二次北极科考期间楚科奇海台站位分布图·····	63
图 5-2 M07 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	70
图 5-3 M01 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	71
图 5-4 P25 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	72
图 5-5 P37 站位 CFC 及其它参数的垂直分布·····	73

图 5-6	M01、P25、P37 站位 CFC-11 浓度对比	74
图 5-7	楚科奇海台 P2 断面 CFC 及其它参数的断面分布	76
图 6-1	白令海地形图	80
图 6-2	白令海表层环流图	81
图 6-3	白令海 BR 断面 CFC 站位分布图	82
图 6-4	白令海表层水中各要素的空间分布	88
图 6-5	白令海 BR 断面 CFC 及其它参数的断面分布图	92
图 6-6	白令海 BR 断面各要素垂直分布图	97
图 6-7	白令海 BR 断面各站位的 T-S 点聚图	100
图 6-8	冬季残留水水团年龄分布	102
图 6-9	白令海中层水团年龄分布	103
图 6-10	白令海深层水团年龄分布	104
图 6-11	WOCE P14N 断面白令海部分 CFC-11 断面分布图	106
图 7-1	南海南部上层环流系统示意图	109
图 7-2	南海南部 CFC 采样站位分布图	110
图 7-3	南海南部表层水 CFC 及其它参数的空间分布	122
图 7-4	南海南部 100m 水深 CFC 及其它参数的分布	123
图 7-5	南海南部 200m 水深 CFC 及其它参数的分布	124
图 7-6	南海南部 300m 水深 CFC 及其它参数的分布	125
图 7-7	南海南部 500m 水深 CFC 及其它参数的分布	126
图 7-8	南海南部 800m 水深 CFC 及其它参数的分布	127
图 7-9	南海南部 8° N 附近断面 CFC 及其它参数的垂直分布	130
图 7-10	2004 年 5 月南沙航次代表性站位的温盐及 CFC-11 垂直分布	133
图 7-11	南海南部 T-S 点聚图	135
图 7-12	南海南部海域次表层水团 (a)、次-中层水团 (b) 及中层水团(c)的 pCFC 年龄分布	136

表 目 录

表 1-1	各大洋对 CFC-11 的吸收量	11
表 2-1	方法的精密度	22
表 2-2	方法的回收率	23
表 2-3	方法的检测限	24
表 3-1	加拿大海盆 CFC 采样站位及其相关参数.....	27
表 3-2	加拿大海盆 CFC 浓度.....	28
表 3-3	加拿大海盆表层海水中 CFC 的溶解度、平衡浓度、测定浓度 及饱和度.....	31
表 3-4	加拿大海盆水团划分及其表观年龄	36
表 4-1	楚科奇海及其邻近海域 CFC 采样站位及其相关参数.....	41
表 4-2	楚科奇海及其邻近海域 CFC 浓度.....	42
表 4-3	白令海峡表层水 CFC 饱和度.....	45
表 5-1	楚科奇海台 CFC 采样站位及其相关参数.....	64
表 5-2	楚科奇海台附近海域 CFC 浓度.....	65
表 5-3	2003 年第二次北极科考期间楚科奇海台 CFC 采样站位海冰分布状况.....	67
表 6-1	白令海 BR 断面 CFC 采样站位及相关参数	83
表 6-2	白令海 BR 断面 CFC 浓度	84
表 6-3	白令海水团表观年龄	101
表 7-1	2004 年 5 月南沙航次 CFC 采样站位及相关参数.....	111
表 7-2	南海南部 CFC-11 浓度	112
表 7-3	南海南部表层水中 CFC-11 浓度及饱和度	120
表 7-4	1998 年夏季南海水团特征值	134

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕